

УДК 004.92

Мартьянова А. В.

УрФУ, г. Екатеринбург, Россия

МЕЖКАНАЛЬНАЯ АГРЕГАЦИЯ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Аннотация

В данной статье предлагается алгоритм объединения каналов гиперспектрального изображения с помощью агрегационных операторов. В качестве таких операторов используются среднее арифметическое, среднее геометрическое, минимум и максимум, а также медиана. Определена эффективность агрегационных операторов в решении задачи обработки гиперспектральных изображений.

Ключевые слова: гиперспектральное изображение, канал, агрегация, агрегационный оператор.

Martyanova A. V.

UrFU, Ekaterinburg, Russia

INTERCHANNEL AGGREGATION OF HYPERSPECTRAL IMAGES

Abstract

In given article algorithm of association of channels of the hyperspectral image with the help aggregation operators are proposed. Operators are used: an average arithmetic, average geometrical, a minimum, a maximum, a median. The modeling experiment results allow to determine the advantages and disadvantages of aggregation operators in hyperspectral image processing.

Keywords: hyperspectral image, channel, aggregation, aggregation operator.

Введение

Современные системы дистанционного зондирования Земли, как правило, представляют собой визоры для мультиспектральной или гиперспектральной съемки. Гиперспектральная съемка позволяет

получить существенно большее число спектральных каналов, что обуславливается увеличением объемов исходных данных в каждом гиперспектральном изображении. В тоже время наличие большого количества каналов затрудняет визуальную оценку того или иного снимка.

1. Гиперспектральное изображение

Гиперспектральное изображение (ГИ) представляет собой трехмерный массив данных (куб данных), который включает в себя пространственную информацию (2D) об объекте, дополненную спектральной информацией (1D) по каждой пространственной координате [1]. Это некий набор информации, который необходимо обработать так, чтобы он стал понятен человеку. Пример ГИ представлен на рис. 1.

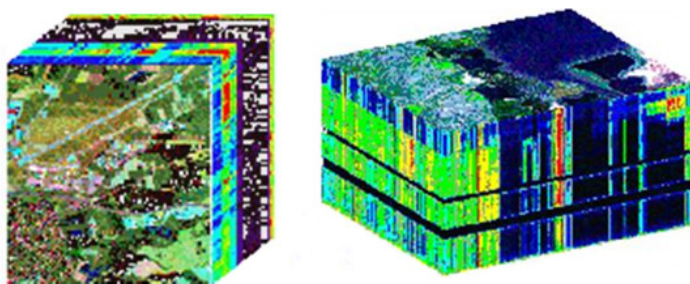


Рис. 1. Гиперспектральное изображение

До появления техники записи ГИ для получения информации об объекте (участке местности) использовались мультиспектральные (многоспектральные) изображения, то есть наборы фотографий, полученные с помощью цветных светофильтров.

Изначально такой подход, использующий пространственную картину спектрального распределения, применялся лишь для дистанционного зондирования окружающей среды и распознавания боевых целей. Однако в настоящее время он широко используется в области биомедицинской оптики. Гиперспектральные визоры вскоре станут одной из основных технологий в медицинской сфере [1].

Математической моделью ГИ является двумерный векторнозначный сигнал:

$$\bar{f}(n, m) : [0, N-1] \times [0, M-1] \rightarrow R^k$$

$$\bar{f}(n, m) = \begin{bmatrix} f_{\lambda_1}(n, m) \\ f_{\lambda_2}(n, m) \\ \dots \\ f_{\lambda_k}(n, m) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1(n, m) \\ f_2(n, m) \\ \dots \\ f_k(n, m) \end{bmatrix}$$

Гиперспектральные снимки детально отображают земную поверхность. Проекты в которых используются гиперспектральные снимки как правило решают такие важные задачи, как обнаружение цели, т. е. выделение объекта из множества подобных, или обнаружение объектов, размер которых меньше номинального размера пикселя; распознавание неизвестных материалов; дифференциация материалов, т. е. различение материалов со сходными спектральными характеристиками; отображение поверхности, ее особенностей, не распознаваемых на других снимках [2].

2. Агрегационные операторы

Термином «агрегация» называется группировка частей сложных символьных математических выражений, в результате которой вся конструкция выступает в следующем действии в качестве единого аргумента [3].

Задача агрегации состоит в объединении n -измерений, каналов ГИ (x_1, x_2, \dots, x_n) некоторой физической или логической величины X , где $x_k \in [0, 1]$, $k = 1, 2, \dots, n$, в одну величину [4]:

$$y = \text{Aggreg}(x_1, x_2, \dots, x_n).$$

Оператор Aggreg должен удовлетворять следующим основным ограничениям:

1. $y = \text{Aggreg}(x) = x$,
2. $y = \text{Aggreg}(0, \dots, 0) = 0$ и $y = \text{Aggreg}(1, \dots, 1) = 1$
3. $y = \text{Aggreg}(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq \text{Aggreg}(y_1, y_2, \dots, y_n)$, если $(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq (y_1, y_2, \dots, y_n)$.

В качестве агрегационных операторов были выбраны арифметическое среднее, геометрическое среднее, минимум, максимум и медиана.

Одной из наиболее распространенных мер поиска среднего значения является арифметическое среднее, оно вычисляется по формуле:

$$Aggreg(x_1, x_2, \dots, x_n) = Mean(x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

Геометрическое среднее или пропорциональное среднее представляет собой значение, которым можно заменить каждый из каналов (x_1, x_2, \dots, x_n) , чтобы их произведение не изменилось:

$$Aggreg_{Geo}(x_1, x_2, \dots, x_n) = Mean_{Geo}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n x_i}.$$

Агрегационные операторы минимум и максимум вычисляются по следующим формулам:

$$Aggreg_{-\infty}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \min(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

$$Aggreg_{+\infty}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \max(x_1, x_2, \dots, x_n).$$

Агрегационный оператор медиана представляет собой значение, которое разделяет ранжированный (упорядоченный) ряд на две равные части:

$$Aggreg_{Med}(x_1, x_2, \dots, x_n) = Med(x_1, x_2, \dots, x_n).$$

3. Результаты

Агрегация между каналами позволяет перевести ГИ как в цветное, так и в серое изображение в зависимости от поставленной задачи. В данном случае рассматривается преобразование в серое изображение. В качестве тестового ГИ (рис. 2) был выбран снимок спутника MODIS, полученный в районе Каспийского моря, с пространственным разрешением 1 км.

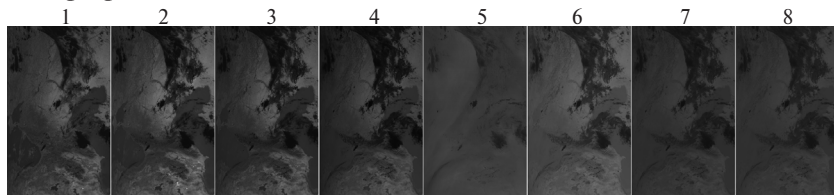


Рис. 2. Тестовое ГИ: 1–8 — каналы изображения

Применение агрегационных операторов в обработке данного ГИ представлено на рис. 3.

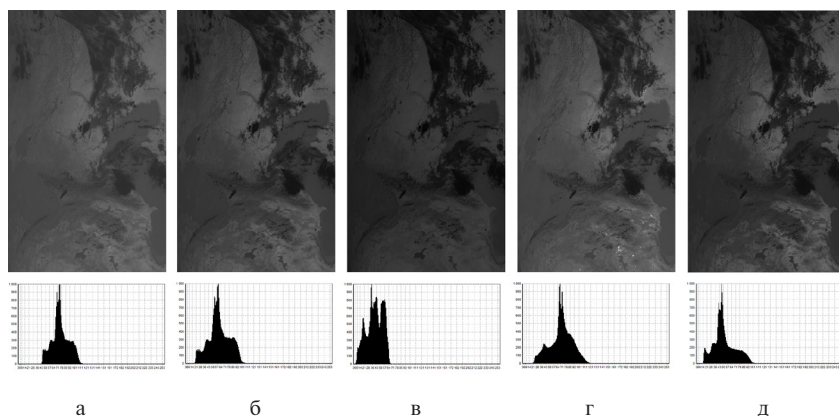


Рис. 3. Результаты работы агрегационных операторов: арифметическое среднее (а), геометрическое среднее (б), минимум (в), максимум (г), медиана (д)

Агрегация различными операторами позволяет визуализировать ГИ, а также исключить артефакты на некоторых спектральных каналах, их можно заметить на первом и втором каналах изображения на рис. 2.

При агрегации ГИ с помощью среднего арифметического было получено изображение, представленное на рис. 3, а. Стоит отметить, что хотя среднее арифметическое часто используется в качестве средних значений, оно подвержено сильному влиянию «больших отклонений». У изображения при высоком уровне асимметрии среднее арифметическое уже не является как таковым «средним», т. е. если бы ГИ содержало больше каналов с облачностью (рис. 2 — канал 5), результатом бы стало малоинформативное изображение с относительно пониженными уровнями яркости и контрастности.

Агрегационные операторы минимум (рис.3, в) и максимум (рис.3, г) могут найти применение только в исключительных случаях. Оба изображения имеют пониженную контрастность, что не позволяет распознать объект на снимке. Агрегат максимум не позволяет удалить артефакты на изображении.

Агрегационные операторы среднее геометрическое (рис.3, б) и медиана (рис.3, д) имеют визуально оптимальный уровень яркости,

а также являются наиболее контрастными из исследуемых, что подтверждают гистограммы, т. е. с помощью данных операторов можно перейти к задаче распознавания объектов.

4. Заключение

В настоящее время гиперспектральная съемка применяется все шире, но на данный момент существует недостаточное количество спутников, оборудованных гиперспектрометрами. Кроме того, возникают проблемы с обработкой и интерпретацией больших потоков информации. В связи с этим для эффективного использования данных гиперспектральной съемки требуется разработка и применение эффективных алгоритмов, методов, технологий обработки такой информации.

Способ межканальной агрегации позволит упростить процесс первичного восприятия гигабайтов графической информации, содержащейся в гиперспектральных изображениях.

Список литературы

1. Гиперспектральные изображения [Электронный ресурс] // Научно-образовательный проект факультета «Информационные и управляющие системы» Балтийского государственного технического университета. URL: http://www.laserportal.ru/content_533 (дата обращения: 03.03.2015).

2. Коберниченко В. Г., Иванов О. Ю. Принципы построения и обработка информации в радиоэлектронных системах дистанционного мониторинга: конспект лекций. Екатеринбург: Изд-во Уральского государственного технического университета, 2007. 170 с.

3. Шиян Т. А. Агрегация и скобки в математике Нового Времени (логико-семиотический анализ) // История философии и социокультурный контекст — II: Материалы международной конференции. Москва, 24–25 декабря 2012 г. / Отв. ред. Т. А. Шиян. М.: РГГУ, 2012. С. 314–325.

4. Detyniecki M. Mathematical Aggregation Operators and their Application to Video Querying. Universite Curie, November 2000. P. 3–6.